

DRUCKMESSWERTAUFNEHMER MIT PIEZOMESSSTREIFEN**Patent number:** DE3804483**Publication date:** 1988-08-25**Inventor:** LEFORT OLIVIER (FR)**Applicant:** CROUZET SA (FR)**Classification:****- international:** G01L1/22; H01C17/065; G01L1/20; H01C17/06; (IPC1-7): G01B7/18; G01D5/16; G01D15/16; G01L1/18**- european:** G01L1/22E2; H01C17/065**Application number:** DE19883804483 19880212**Priority number(s):** FR19870002042 19870216**Also published as:**

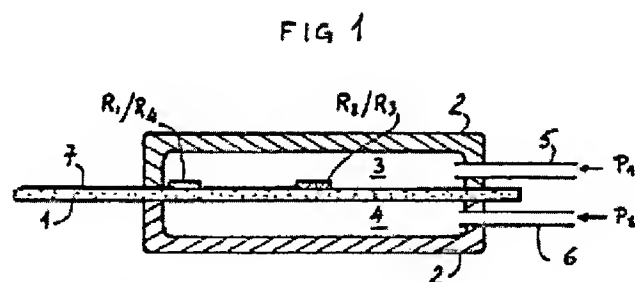
GB2202636 (A)

FR2611043 (A1)

IT1219019 (B)

[Report a data error here](#)**Abstract of DE3804483**

A pressure sensor comprising piezo-resistive stress gauges (R1, R2, R3, R4) disposed on a deformable substrate (1) acting as a membrane separating two chambers which are connected to the pressures to be measured. The sensor is characterised in that the piezo-resistive strain gauges are obtained by precise deposition of resistive ink from an ink jet. Each pair of gauges R1, R4, and R2, R3 may be formed from a single deposited layer by a subsequent etching step.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 3804483 A1**

⑳ Aktenzeichen: P 38 04 483.8
㉑ Anmeldetag: 12. 2. 88
㉒ Offenlegungstag: 25. 8. 88

㉓ Int. Cl. 4:
G01 B 7/18
G 01 L 1/18
G 01 D 15/16
G 01 D 5/16



DE 3804483 A1

㉔ Unionspriorität: ㉕ ㉖ ㉗
16.02.87 FR 87 02042

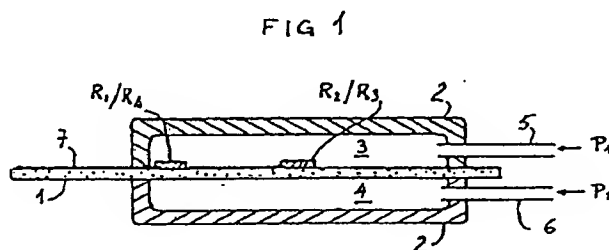
㉘ Anmelder:
Crouzet S.A., Montrouge, FR

㉙ Vertreter:
Popp, E., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dr. rer. pol.;
Sajda, W., Dipl.-Phys.; Reinländer, C., Dipl.-Ing.
Dr.-Ing.; Bohnenberger, J., Dipl.-Ing. Dr. phil. nat.,
8000 München; Bolte, E., Dipl.-Ing.; Möller, F.,
Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 2800 Bremen

㉚ Erfinder:
Lefort, Olivier, Granges Les Valence, FR

㉛ **Druckmeßwertaufnehmer mit Piezomeßstreifen**

Es wird ein Druckmeßwertaufnehmer mit Piezomeßstreifen angegeben, die auf einem deformierbaren Substrat (1) ausgebildet sind, welches die Funktion einer Membran hat und zwei Kammern (3, 4) voneinander trennt, die mit zu messenden Drücken beaufschlagt sind. Die Dehnungsmeßstreifen sind dabei als Piezomeßstreifen ausgebildet, die durch direktes Auftragen eines Tintenstrahls erhalten sind (Fig. 1).



DE 3804483 A1

1. Druckmeßwertaufnehmer mit Piezomeßstreifen, die auf ein deformierbares Substrat aufgebracht sind, um an elektrischen Leitern elektrische Signale zu erhalten, die repräsentativ für die Verformungen des Substrats sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßstreifen (R_1, R_2, R_3, R_4) aus Widerstandstinte ausgebildet ist, die direkt auf das Substrat (1) aufgebracht ist, und zwar durch direktes Auftragen mit einem Tintenstrahl (30).
2. Aufnehmer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Tintenstrahl (30) am Ausgang eines Kapillar-Röhrchens (31), dessen Ende in einem Abstand (D) vom Substrat (1) angeordnet ist, durch Relativverschiebung des Substrats (1) bezüglich des Kapillar-Röhrchens (31) erzeugt wird.
3. Aufnehmer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Tintenstrahl dadurch erzeugt wird, daß man mit Hilfe eines Druckgases die Tinte aus einem Behälter herausdrückt.
4. Aufnehmer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß er zwei Paare von Meßstreifen ($R_1, R_4; R_2, R_3$) aufweist, die jeweils ausgehend von einem einzigen Element (R_0) in Kontakt mit vier Leitern (7) erhalten sind, wobei das Element (R_0) anschließend graviert ist, um zwei gleiche, klare und elektrisch isolierte Meßstreifen zu erhalten.
5. Aufnehmer nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Gravur mit einem gesteuerten Laserstrahl ausgebildet ist.
6. Aufnehmer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Auftragen der Leiter (7) und der geeichten Meßstreifen (R_1, R_2, R_3, R_4) das gesamte Substrat (1) mit einer Schutzschicht überzogen wird, die mit einer Tinte auf Glasbasis ausgebildet wird, und zwar durch direktes Auftragen mit einem Tintenstrahl.
7. Verfahren zur Herstellung eines Druckmeßwertaufnehmers mit Piezomeßstreifen, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:
 - Auftragen von elektrischen Leitern in einem gewünschten Leitungsmuster auf ein Substrat, welches eine verformbare Membran zur Druckmessung bildet,
 - Herstellen von Piezomeßstreifen auf den entsprechenden Bereichen des Leitungsmusters durch direktes Auftragen einer Widerstandstinte auf Glasbasis auf gewünschte Bereiche des Leitungsmusters mit einem Tintenstrahl aus einem Kapillar-Röhrchen, wobei eine Relativbewegung zwischen dem Substrat und dem Kapillar-Röhrchen vorgenommen wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß zunächst mit dem Tintenstrahl ein flächiges Gebilde mit klaren Konturen auf dem Leitungsmuster ausgebildet wird, wobei der Auftrag der Tinte gegebenenfalls mehrfach erfolgt, und daß anschließend der so erhaltene Piezomeßstreifenbereich durch Gravieren in das gewünschte Muster gebracht bzw. in zwei identische, elektrisch isolierte Bereiche getrennt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß auf das Muster aus elektrischen Leitern und Piezomeßstreifen anschließend eine Schutzschicht auf Glasbasis aufgetragen wird.

Die Erfindung betrifft Vorrichtungen, die Dehnungsmeßstreifen verwenden, die auf ein verformbares Substrat aufgebracht sind, um elektrische Signale zu erhalten, die für die Verformung des Substrats repräsentativ sind. Insbesondere betrifft die Erfindung die Realisierung eines Druckmeßwertaufnehmers mit Piezomeßstreifen.

Die piezoresistiven Eigenschaften von Widerstandstinten sind in dem Artikel von Yu. A. Gusev "Filmdehnungswiderstand für Temperaturen bis zu 1000°C", erschienen in der Zeitschrift Khar'Kov Aviatik Institut, Band 2, März/April 1976 beschrieben. Man findet sie ebenfalls in dem Artikel von Holmes "Änderungen der Dickfilm-Widerstandswerte aufgrund von Substratbiegungen", Band 12 der Zeitschrift "Microelectronics and Reliability", 1973, der den Einfluß von mechanischen Beanspruchungen auf den Wert von Widerständen bei mikroelektronischen Dickfilmen beschreibt. Der Autor schlägt ein Dehnungsmeßgerät mit Widerständen aus Dickfilmen auf Keramiksubstraten vor, um den Eichfaktor dieser Widerstände zu messen, der sich gemäß den verwendeten Tinten in der Größenordnung von 11 befindet.

Ferner schlägt die FR-PS 70 25 084 die Anwendung dieser Kenntnisse auf eine Druckmeßvorrichtung vor, deren Dehnungsmesser aus Dickfilm mit einem Siebdruckverfahren auf das Substrat aufgebracht werden.

In der Tat werden die Meßstreifen auf eine Siebdruckschablone gezeichnet, die dann auf das Substrat aufgebracht wird, bevor sie mit einer Widerstandstinte imprägniert wird. Die Maschen dieser Gewebeschablone aus rostfreien Stahlfäden ermöglichen es weder, klare und regelmäßige Konturen noch eine absolut konstante Auftragsdicke zu erhalten, was eine Streuung der elektrischen und piezoelektrischen Eigenschaften der so erhaltenen Dehnungsmeßstreifen mit sich bringt.

Ziel der Erfindung ist es, diese Nachteile zu vermeiden, die die Verwendung von solchen Meßstreifen für die Realisierung von Druckmeßwertaufnehmern nahezu unmöglich machen, welche ausreichend genau sein müssen für ihre Anwendung auf dem Gebiet der Luft- und Raumfahrt.

Aus diesem Grunde betrifft die Erfindung einen Druckmeßwertaufnehmer mit aufgetragenen Piezomeßstreifen und ist dadurch gekennzeichnet, daß die Meßstreifen mit Widerstandstinten hergestellt sind, die direkt auf ein Substrat aufgebracht sind, und zwar durch direktes Schreiben mit einem Tintenstrahl.

Der erfindungsgemäße Meßwertaufnehmer ermöglicht es, absolute oder Differenzdrücke ohne Unterschied zu messen, beispielsweise in dem Falle, wo man zwei Hohlräume vorsieht, die durch das als Membran dienende Substrat voneinander getrennt sind, welches einem resultierenden Druck ausgesetzt wird, der gleich der Differenz der Drücke ist, die in den beiden Hohlräumen herrschen. Wenn einer der Hohlräume hermetisch abgeschlossen und unter Vakuum abgedichtet ist, so mißt der Aufnehmer dann den absoluten Druck, der in dem anderen Hohlraum herrscht.

Die in der Membran bzw. dem Substrat hervorgerufenen Dehnungen oder Belastungen beruhen im wesentlichen auf ihrer bzw. seiner Biegung, zumindest für Membrandicken, die bezüglich seiner Oberfläche ausreichend groß sind. Die Verteilung dieser Belastungen ist so, daß einer Kompressionsbeanspruchung am Umfang des verformbaren Elementes, auf derselben Fläche, eine Dehnungsbeanspruchung im Zentrum des Elementes

tes entspricht. Diese Differenz im Sinne der Änderung der Beanspruchungen oder Spannungen und damit der Dehnungen ermöglicht es, mit Hilfe der Piezomeßstreifen eine Wheatstone-Brückenschaltung zu realisieren, in der man in zwei gegenüberliegenden Zweigen die Meßstreifen anbringt, die gleichen Belastungen unterliegen.

Zur Realisierung der Brücke aus Meßstreifen verwendet man piezoresistive Widerstände, deren Eichfaktor oder Dehnungsempfindlichkeit für Dehnungen parallel und senkrecht zur Stromrichtung positiv ist.

Solche Meßstreifen werden hergestellt mit Hilfe von leitenden Zusammensetzungen auf der Basis von leitendem Oxid, gemischt mit einer Glasmatrix. Diese Zusammensetzung ergibt eine Form von Tinte, deren Viskosität durch den Zusatz von verschiedenen Lösungsmitteln veränderbar ist, so daß es möglich ist, sie für ein Verfahren des direkten Auftrags anzupassen und für den Tintenstrahl ausreichend feine Kapillar-Röhrchen zu verwenden, um eine sehr präzise Zeichnung der Meßstreifen zu erhalten.

Die Meßstreifen werden hergestellt, indem man eine feine Schicht der gewünschten Tinten aufträgt. Der Vorgang des Auftrags, der die Technik des direkten Zeichnens verwendet, ermöglicht es, ausgehend von einer bestimmten Geometrie, das entsprechende Muster auf der Membran zu erhalten, ohne auf irgendwelche Maskierungsverfahren zurückzugreifen. Dabei sind mehrere Durchgänge erforderlich, um eine Brücke von Meßstreifen auszubilden. In der Tat muß man zunächst eine Tinte vom leitenden Typ aufbringen, um die Leiter auszubilden, und dann eine Tinte, deren Zusammensetzung den piezoresistiven Widerständen entspricht, die auf die vorher aufgetragenen Leiter aufgebracht werden. Das verwendete Verfahren ermöglicht es, eine große Vielfalt von Geometrien auszubilden, indem man einfach die Bahn der für den Auftrag vorgesehenen Kapillar-Röhrchen modifiziert, wobei die Programmierung ausgehend von der Darstellung der Struktur des Aufnehmers erfolgt.

Nach jedem Auftrag von Tinte erfolgt ein Trocknungsschritt, der es ermöglicht, die Lösungsmittel zu eliminieren, die in der Zusammensetzung enthalten sind, und eine Verbindung zwischen den Teilen des Oxidleiters und der Glasmatrix auszubilden. Dieser Verfahrensschritt bei hoher Temperatur ermöglicht es, eine ausgezeichnete Stabilität der Widerstände zu erhalten.

Nach Beendigung des Auftrags der Meßstreifen der Meßbrücke kann man mit dem gleichen Verfahren eine Glasschicht auf die Anordnung der Membran aufbringen, indem man eine spezielle Tinte oder Paste auf Glasbasis verwendet.

Diese Glasschicht wird verwendet, um einerseits als Einfassung der Membran des Arbeitsschritts des Ausgießens durchzuführen, der die Hohlräume schafft, und andererseits, um nach dem Ausgießen die hermetische Abdichtung der Hohlräume zu verbessern. In der Tat können die Materialien, welche die Membran bilden, eine gewisse Porosität aufweisen, die mit dieser Schicht gehemmt wird. Das so aufgetragene Glas spielt außerdem die Rolle einer Schutzschicht für die aufgetragenen Meßstreifen, so daß Verunreinigungen vermieden werden, sowohl während des Vorganges des Ausgießens als auch gegenüber Fluiden, denen die Membran während des Betriebes des Aufnehmers ausgesetzt ist.

Ein derartiges Herstellungsverfahren ist anwendbar auf Keramikmembranen, insbesondere vom Aluminiumoxydtyp, der gute mechanische Eigenschaften besitzt, aber es kommen auch andere Arten von Substrat in

Betracht, beispielsweise Glas, Siliziumoxid oder emailierte Metalle, in Abhängigkeit von den vorgesehenen Anwendungsfällen.

Ein weiteres Merkmal der Erfindung betrifft die Art der Herstellung von zwei Paaren von Meßstreifen, die elektrisch in einer symmetrischen Wheatstone-Brückenschaltung verbunden sein können. Nachdem auf die Membran vier Paare von Leitungselementen aufgebracht worden sind, wobei zwei Paare für jeden der zwei Orte vorgesehen sind, die für die Paare von Meßstreifen vorgesehen sind, bringt man zu diesem Zweck bei jeder Gruppe von zwei Leitungspaaren ein Piezoelement an, das in Abhängigkeit von den gewünschten Widerstandswerten geeicht ist, so daß es gleichzeitig mit jedem der vier Leiter in elektrischem Kontakt steht. Anschließend teilt man jedes Element durch Gravur oder Ätzung in zwei Meßstreifen, die im wesentlichen identisch und elektrisch voneinander isoliert sind.

Die Gravur, die mit einem Schleifpulverstrahl oder mit einem Laserstrahl durchgeführt werden kann, läßt sich während des Verfahrens steuern, und zwar unter der Kontrolle der Widerstandswerte zwischen den vier Leitern, um den Durchgang bzw. die Bahn der Gravurvorrichtung auszurichten und auf diese Weise die Werte der beiden Widerstände zu überwachen, die, ausgehend von jedem Element erhalten werden.

Die beiden Widerstände, die mit einem solchen Verfahren erhalten werden, haben ganz ähnliche elektrische und piezoresistive Eigenschaften, da sie aus einem einzigen Element erhalten worden sind. Dies ist besonders wichtig, um Temperaturabweichungen der Wheatstone-Brückenschaltung zu begrenzen, die auf Unterschieden zwischen den Driftkoeffizienten der Widerstände beruhen, welche die Brücke bilden. Man hat festgestellt, daß Widerstände, deren Werte bei einer vorgegebenen Temperatur sehr dicht beeinaender lagen, auch ganz ähnliche Temperaturwertabweichungen zeigten. Wenn somit die Widerstände der Brücke so ausgebildet sind, daß die Unsymmetrie am Ausgang weniger als ein Prozent der Versorgungsspannung ausmacht, so kann die Drift- oder Meßabweichung der Brücke kleiner als $1 \mu\text{V/V}^\circ\text{C}$ sein, was zu einer Stabilität der Meßzelle von 200 ppm/ $^\circ\text{C}$ ohne jegliche Kompensation führt.

Die Position der Meßstreifen bezüglich der Einspannung der Membran ist dank dieses Verfahrens ebenfalls sehr genau.

Die Erfindung wird nachstehend, auch hinsichtlich weiterer Merkmale und Vorteile, anhand der Beschreibung von Ausführungsbeispielen und unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. Die Zeichnung zeigt in

Fig. 1 eine Schnittansicht des Druckmeßwertaufnehmers;

Fig. 2 eine Draufsicht des Aufnehmers gemäß Fig. 1;

Fig. 3 und 4 Piezoelemente des Druckmeßwertaufnehmers gemäß Fig. 1 vor und nach der Gravur; und in

Fig. 5 eine Teilschnittansicht eines Piezoelementes des Druckmeßwertaufnehmers gemäß Fig. 1 während der Herstellung durch direktes Auftragen eines Tintenstrahls.

Wie aus den Figuren der Zeichnung ersichtlich, weist der Druckmeßwertaufnehmer ein Substrat 1 auf, beispielsweise aus Keramik, das sandwichartig zwischen zwei kreisförmigen Schalen 2 aufgenommen ist, die ebenfalls aus Keramik bestehen und mit dem Substrat mittels einer speziellen Tinte auf Glasbasis vergossen sind, die vorher auf die kreisförmigen Einspannzonen aufgebracht worden ist, welche strichliert in Fig. 2 ein-

getragen und die mit 21 bezeichnet sind.

Die Schalen 2 haben eine geeignete Form, um zwei verschiedene Hohlräume 3 und 4 zu beiden Seiten des Substrats 1 zu bilden.

Zwei Rohre oder Leitungen 5 und 7, die in jede der Schalen 2 eingegossen sind, ermöglichen es, daß die Hohlräume 3 bzw. 4 mit Drücken P_1 und P_2 beaufschlagt werden, wenn es sich um einen Druckmeßwert-aufnehmer für Differenzdrücke handelt. Das Substrat 1 spielt die Rolle einer deformierbaren Membran, und die beiden Paare von Piezomeßstreifen R_1 und R_4 einerseits sowie R_2 und R_3 andererseits sind auf das Substrat 1 aufgebracht, um über die elektrischen Leiter 7, mit denen die Piezomeßstreifen R_1 , R_2 , R_3 und R_4 in Kontakt sind, elektrische Signale zu erhalten, welche Verformungen des Substrats 1 repräsentieren. Hierbei ist beispielsweise das Paar R_2 , R_3 im Zentrum der Zone angeordnet, welche die Rolle der kreisförmigen Membran spielt, und das andere Paar R_1 , R_4 ist in der Nähe der Einspannzone 21 angeordnet, so wie es in den Fig. 1 und 2 dargestellt ist.

Die elektrischen Leiter 7 werden vorher aus leitfähiger Tinte ausgebildet und münden alle an demselben Rand 11 des Substrats 1, um das Anbringen der elektrischen Anschlüsse zu erleichtern.

Nachstehend wird, unter Bezugnahme auf Fig. 5, das Verfahren zur Herstellung der Meßstreifen R_1 , R_2 , R_3 und R_4 sowie der Leiter 7 und der Tintenschichten auf Glasbasis beschrieben. Dieses Verfahren ist ein Verfahren des direkten "Zeichnens" oder Auftragens mit einem Tintenstrahl. Dieser Tintenstrahl 30 wird am Ausgang eines Kapillar-Röhrchens 31 erzeugt, das eine Düse bildet und an einen Tintenbehälter angeschlossen ist, der unter erhöhtem Druck P_e steht, wobei der Behälter in Fig. 5 nicht dargestellt ist.

In Fig. 5 ist das Röhrchen 31 teilweise dargestellt, wobei sein Ende in einem Abstand D vom Substrat 1 angeordnet ist. Das Röhrchen 31 ist hier senkrecht zur Oberfläche des Substrats 1 angeordnet, auf das die Tinte aufgetragen werden soll. Sobald der Tintenstrahl 30 unter der Wirkung des Druckes P_e ausgebildet wird, wird das Substrat 1 angetrieben, um sich relativ zu dem Röhrchen 31 zu verschieben, und zwar mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit V , damit ein Band oder Streifen 32 geeigneter Breite und Dicke aufgetragen wird.

Wenn man beispielsweise eine Tinte verwendet, deren Viskosität 250 Zentipoise beträgt, so wird ein Kapillar-Röhrchen 31, dessen Innendurchmesser 100 μm beträgt, in einem Abstand D von 500 μm oder weniger angeordnet, und die relative Vorschubgeschwindigkeit V beträgt 5 cm/s. Damit wird ein Streifen 32 aufgebracht, dessen Dicke ungefähr gleich dem Wert 10 μm ist und dessen Breite ungefähr gleich dem Wert 125 μm ist. Die Differenz zwischen der Breite des Streifens 32 und dem Durchmesser des Strahls 30 hängt mehr von den Kräften der Oberflächenspannung ab, die ins Spiel kommen, sobald die Tinte in Kontakt mit dem Substrat 1 steht, als von einer Aufweitung des Strahls 30, ausgehend von dem Kapillar-Röhrchen 31.

Der Austrittsdruck P_e der Tinte aus dem Behälter wird mit Hilfe eines Druckgases, beispielsweise Luft oder Stickstoff erhalten, wobei das Druckgas unter einem Druck zwischen etwa 1 bar und 10 bar steht. Die Unterbrechung des Tintenstrahles 30 wird schlagartig erzielt, indem man den Tintenbehälter mit Unterdruck oder Vakuum beaufschlägt.

Mit den Röhrchen, deren Durchmesser zwischen etwa 60 μm und etwa 300 μm liegt und einem System der

relativen Positionierung des Substrats 1 bezüglich des Röhrchens 31, dessen Genauigkeit in der Größenordnung von 1 μm liegt, kann man mit großer Geschwindigkeit Meßstreifen aufbringen, deren Präzision der Konturen in der Größenordnung von 5 μm liegt.

Mit einer derartigen Genauigkeit werden die Arbeitsgänge der Ausbesserung und der erforderlichen Regulierung mit den herkömmlichen Verfahren vermieden.

Gemäß der Erfindung ist zur Herstellung von jedem der Paare von Meßstreifen R_1 , R_4 und R_2 , R_3 ein einziges Element, das in Fig. 3 mit dem Bezugszeichen R_0 bezeichnet ist und hier in Form eines im wesentlichen viereckigen Blockes ausgebildet ist, aufgebracht, wobei es vier vorher aufgebrachte Leiter 7 überdeckt. Dieses Element wird anschließend graviert, beispielsweise mit einem Schleifpulverstrahl oder mit einem Laserstrahl, um beispielsweise das Paar von Widerstands- bzw. Dehnungsmeßstreifen R_1 und R_4 zu erhalten, wie es in Fig. 4 dargestellt ist.

Bei einem Differenzdruckmeßwertaufnehmer werden die beiden Seiten des Substrats unter Druck stehenden Fluiden ausgesetzt, die korrodierend sein können, wobei die Widerstände dann geschützt werden, indem man auf die beiden Seiten des Substrats das Material der Glasschicht zum Vergießen aufbringt, anstatt sich diesbezüglich auf die Zone 21 für jede Seite zu beschränken. Außerdem verbessert diese Schutzschicht die Stabilität der Widerstands- oder Dehnungsmeßstreifen eines derartigen Aufnehmers.

Die Erfindung eignet sich besonders gut für die Realisierung von zuverlässigen Druckmeßwertaufnehmern hoher Präzision und ermöglicht ihre Verwendung insbesondere auf dem Gebiet der Luft- und Raumfahrt.

Nummer:
 Int. Cl.⁴:
 Anmeldetag:
 Offenlegungstag:

13 1
 38 04 483
 G 01 B 7/18
 12. Februar 1988
 25. August 1988

3804483

FIG 1

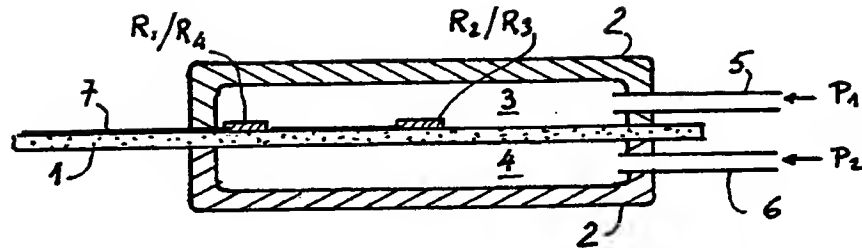


FIG 2

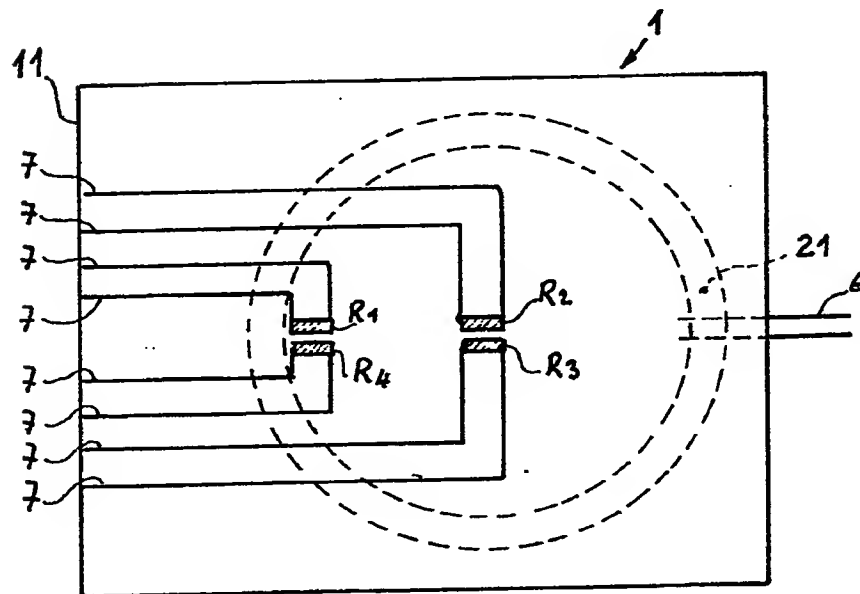


FIG 3

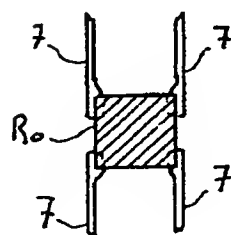
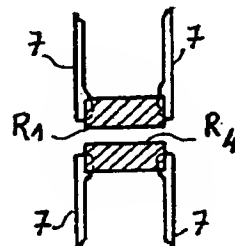


FIG 4



200

3804483

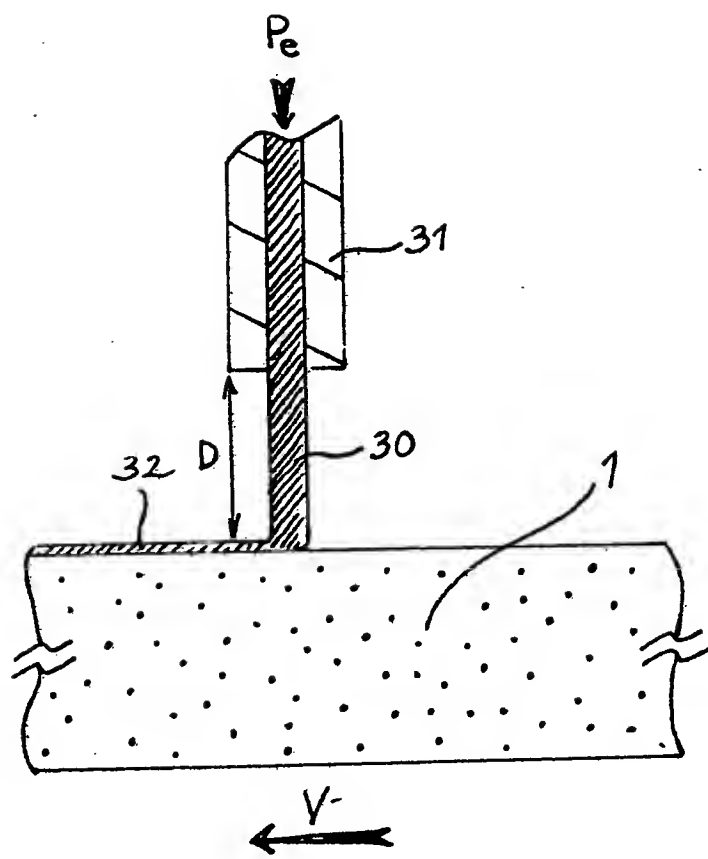


FIG 5